

# REVISIÓN DE LAS INVESTIGACIONES SOBRE PROPUESTAS DIDÁCTICAS EN RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE FÍSICA

CEBERIO GARATE, MIKEL; GUIASOLA ARANZABAL, JENARO y ALMUDÍ GARCÍA, JOSÉ MANUEL  
Departamento de Física Aplicada I. Universidad del País Vasco.

---

**Palabras clave:** Resolución de problemas de física; Revisión bibliográfica; Perspectiva didáctica.

## 1. OBJETIVOS

Durante décadas la investigación en resolución de problemas ha constituido objetivo preferente tanto de psicólogos como de didactas y este interés, lejos de ir decreciendo, ha ido en aumento como bien queda reflejado en las diferentes revisiones (Maloney, 1994, Fávero y Soares Gomes de Sousa, 2001, Hsu et al., 2004) acerca de las investigaciones realizadas en las últimas décadas en resolución de problemas. Algunas describen las investigaciones realizadas en resolución de problemas de física y otras se estructuran en base a los diferentes criterios que las guían, como el tipo de problema a resolver o la fundamentación psicológica. En este trabajo, sin embargo, analizamos las investigaciones en resolución de problemas atendiendo, sobre todo, a la propuesta didáctica que éstas realizan: ¿cuáles son las innovaciones que se proponen?, ¿hasta que punto se logran los objetivos de aprendizaje previstos?, ¿en qué medida los cambios didácticos propuestos influyen en que los estudiantes resuelvan mejor problemas?

El propósito de nuestra comunicación es examinar el conjunto de intentos por desarrollar teorías de la cognición que abarcan un amplio abanico de posturas en su concepción de aprendizaje y que tienen fiel reflejo en el surgimiento de propuestas didácticas en resolución de problemas. En nuestra revisión destacaremos tres orientaciones teóricas diferenciadas:

- Las que proponen la enseñanza de algoritmos y heurísticos que faciliten la resolución.
- Las que comparan los procedimientos utilizados por los expertos y los novatos para tratar de identificar la naturaleza de los mecanismos de resolución eficaces.
- Las que abordan la resolución de problemas como actividad de investigación orientada y plantean la creatividad y el cambio conceptual, metodológico y actitudinal como elementos fundamentales del proceso de resolución.

## 2. MODELOS ALGORÍTMICOS DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Apoyándose en las ideas de la psicología soviética de los años sesenta se han desarrollado modelos de resolución de problemas que ponen el acento en la enseñanza de un conjunto de acciones y métodos que faciliten la resolución. La lista de directrices que especifican la secuencia de operaciones simples a realizar para resolver cualquier problema de un tipo determinado se conoce, en términos matemáticos, como algoritmo.

Weeren et al. (1982) a partir del modelo desarrollado inicialmente por Mettes et al. (1980, 1981) denominado *programa de acciones y métodos* (PAM), proponen una estrategia de resolución de problemas deno-

minada *aproximación sistemática a la resolución de problemas*, (SAP), que consiste básicamente en la transformación de los problemas cuantitativos en problemas estándar, a través de tres fases:

- Fase 1: Lectura razonada del problema. Análisis cuidadoso de los datos y de las incógnitas, representándolos esquemáticamente.
- Fase 2: Establecer un plan de resolución a través de una serie de acciones: buscar relaciones entre las características del sistema dado, elección de una manera fructífera de iniciar la resolución y buscar posibles transformaciones del problema. Establecer si el problema es o no estándar, por ejemplo, si puede ser resuelto mediante operaciones rutinarias (operaciones matemáticas).
- Fase 3: Analizar la respuesta y buscar referencias que puedan ser útiles de cara a la resolución de otros problemas.

Matizan la estrategia propuesta introduciendo el concepto de “relaciones clave encadenadas” que, básicamente, consiste en buscar las ecuaciones fundamentales del área conceptual en la que inscribe el problema y encadenarlas de forma que, de dos en dos, compartan al menos una variable, tal que, al final se encuentren en la misma cadena la incógnita y los datos.

Del propio planteamiento del método, consistente en transformar los problemas en ejercicios tipo, se deriva que los estudiantes sólo podrán aprender a resolver problemas semejantes a los problemas estándar cuya solución se conozca de antemano, pues esta manera de resolver requiere, por un lado, la recuperación desde la memoria de la información pertinente y, por otro, la aplicación de esa información al nuevo problema.

### **3. MODELO DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS POR COMPARACIÓN ENTRE EXPERTOS Y NOVATOS**

Estos estudios parten del supuesto de que existen buenos y malos resolventes de problemas y, en consecuencia, se indaga acerca de cómo proceden los individuos cuando tratan de resolver problemas con el objeto de que, una vez reconocidas las diferencias, se puedan implementar actuaciones que permitan que los novatos se hagan más expertos y mejoren su efectividad en la resolución de problemas.

En consecuencia, propone la necesidad de enseñar explícitamente estrategias o métodos de resolución de problemas que integren los resultados de sus investigaciones. Una estrategia heurística que podríamos considerar representativa de esta metodología es la recogida en la recapitulación que de esta línea de investigación realiza Reif, (1995). El método explícito a enseñar se divide en tres fases principales: Análisis inicial del problema, incluyendo representaciones múltiples de la situación; Construcción de una solución, haciendo uso, si es necesario, de la partición del problema en subproblemas y la Comprobación del resultado. Para facilitar la resolución se consideran de gran interés los siguientes factores: una organización jerárquica del conocimiento que facilite la elección de la vía de resolución y la adquisición previa de una serie de habilidades de interpretación y representación del conocimiento.

Como ejemplo representativo de propuesta didáctica dentro de este modelo, pasamos a describir el enfoque de una versión, Van Heuvelen (1991), del denominado *Overview, Case Study* (OCS), utilizado en cursos introductorios de física a nivel universitario, y que presta especial atención a la resolución de problemas.

A los estudiantes se les suministra un esquema en el que figuran los contenidos jerárquicamente organizados para que puedan reconocer la coherencia del cuerpo de conocimientos. Durante el tratamiento de ejercicios, se pone gran énfasis en el desarrollo de habilidades de resolución de problemas relativas a representaciones múltiples, tales como representaciones gráficas, representaciones matemáticas y representaciones físicas sobre las cuales, en la propia hoja de resolución ya formateada y a disposición de los alumnos, se indican las distintas facetas constituyentes de cada una de esas representaciones.

Cabe resaltar que, según este enfoque, el fracaso de los estudiantes en resolución de problemas se atribuye a la falta de conocimientos de la materia específica, y a la mala estructuración mental de los mismos (Chi et al., 1982; Elio y Scharf, 1990). En consecuencia, un supuesto que subyace claramente en estas investigaciones es el de la responsabilidad individual (hay quien resuelve bien los problemas y hay quien no), es decir, convierte al estudiante en el principal responsable de los resultados del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Otra hipótesis subyacente a esta orientación es que dado que los expertos poseen unos conocimientos procedimentales -destrezas y habilidades- (Ferguson-Hessler, 1990; Hegarty, 1991) que no poseen los novatos, es necesario detectarlos como perfiles ideales para ser transmitidos a los novatos. Esta forma de proceder ha quedado reflejada en la enseñanza de estrategias explícitas que resultan de una rigidez excesiva, y su reiterada aplicación a problemas paradigmáticos o tipo puede llevar, por un lado, a una cierta algoritmización del proceso de resolución y a un aprendizaje de carácter memorístico de los conceptos, por otro.

Al hilo de esta última crítica al método, sin embargo, es necesario señalar que Heller et al. (1992), para cursos introductorios de física a nivel universitario, realizaron una propuesta didáctica que combina la enseñanza explícita de una estrategia de resolución de problemas, con una metodología de trabajo en grupo y la utilización de problemas con enunciados denominados *ricos en contexto* (más próximos a los problemas reales).

Otro avance en este sentido, lo aportan Van Heuvelen (1995) y Van Heuvelen et al. (1999) al proponer la resolución de problemas que impliquen aparatos experimentales. Para resolver un problema experimental se considera que el estudiante debería aplicar uno o más de los siguientes aspectos: clarificar un problema poco definido, dividir el problema en etapas, acceder a los conceptos adecuados para resolver cada etapa del problema, decidir qué información debe ser recogida para cada parte del problema, decidir si las aproximaciones son adecuadas y diseñar el experimento.

Por otro lado, se han producido a lo largo de la década de los noventa algunas propuestas didácticas de resolución de problemas de física en la línea de investigación de expertos y novatos, que en lugar de plantear un esquema global de la resolución, inciden únicamente en alguno de los aspectos característicos del proceso. Un ejemplo ilustrativo de esta posición didáctica es la propuesta de Leonard et al. (1996 y 2002), en la que se refieren a dos tipos de tareas: escritura de estrategias por parte de los estudiantes, que consiste en un enunciado estándar en el que explícitamente se pide a los estudiantes que detallen la estrategia de resolución, y categorización de problemas en la que los estudiantes seleccionan principios de cara a la resolución de un problema.

Por un lado, la categorización de las tareas en problemas tipo no parece ser una vía adecuada que permita alejarse al estudiante del mero operativismo, más bien pensamos que le llevará a memorizar ciertas estrategias que tratará de aplicar en problemas que él reconozca como similares a uno de esos patrones; pero, aún más grave nos parece que no se haga referencia a la trascendencia de la emisión de hipótesis en el intento de resolución de un problema científico, hipótesis que luego se contrastarían en un análisis de resultados que, por cierto, tampoco se considera.

Al hilo de las objeciones que hemos realizado, el trabajo de Huffman (1997) analiza el efecto que ejerce una metodología didáctica de resolución de problemas de acuerdo con los principios expuesto en este apartado sobre la capacidad de los estudiantes para resolver problemas y comprender conceptos. Los resultados del estudio indican que esta metodología ayuda a mejorar la calidad de las representaciones del problema que hacen los estudiantes respecto a aquéllos que utilizan una técnica de resolución habitual en los libros de texto. Sin embargo, no hay evidencias de que los estudiantes tratados mejoren respecto a los del grupo de control en lo que se refiere a la resolución propiamente dicha.

Así pues, en nuestra opinión, esta línea de investigación ha contribuido a que se tenga una mejor información sobre el cómo las personas resolvemos problemas. Sin embargo, esta visión se encuentra alineada con

la concepción de enseñanza por transmisión verbal de conocimientos, donde se tratarán de transmitir estrategias y procedimientos ya elaborados.

#### **4. MODELO DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS COMO ACTIVIDAD DE INVESTIGACIÓN ORIENTADA**

Basada en la idea de que un enfoque didáctico que atienda a la perspectiva constructivista debe plantearse actuar sobre las concepciones alternativas de los estudiantes, proporcionar el cambio metodológico sin el cual no se puede producir el necesario cambio conceptual, y proponer una estrategia de enseñanza-aprendizaje que mejore la actitud de los estudiantes hacia el propio aprendizaje, esta línea de investigación cuestiona el proceso de resolución de problemas planteándose, en primer lugar, qué es lo que se entiende por problema: una situación sólo puede ser concebida como un problema en la medida en que resulta desconocida y en la medida en que, a priori, no disponemos de solución; una situación para la cual no hay soluciones evidentes (Ramírez et al., 1994).

Consideran que el tratamiento científico posee unas características generales transferibles en parte a la resolución de problemas en el ámbito docente.

La inclusión de aspectos Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en la enseñanza en general, y en los enunciados de los problemas en particular, va a contribuir a mejorar la actitud y a aumentar el interés hacia la ciencia y su aprendizaje (Furió y Vilches, 1997).

La concepción de la resolución de problemas como actividad de investigación orientada da cuenta de los aspectos clave de la aproximación cualitativa inicial, necesaria para pasar de una situación problemática abierta a un problema concreto. El hecho de eliminar los datos del enunciado obliga a tomar decisiones, a modelizar la situación y a concretarla, sin posibilidad de pasar directamente a tratamientos operativos. Por otro lado, son las hipótesis las que focalizan y orientan la resolución, las que indican los parámetros a tener en cuenta (los datos a buscar). Y son las hipótesis -y la totalidad del cuerpo de conocimientos en las que se basan- las que permitirán analizar el resultado y todo el proceso.

Según este enfoque las estrategias de resolución son, en cierta medida, el equivalente a los diseños experimentales en problemas que exigen una contrastación. Sólo bajo esta perspectiva, la categorización de tareas en función de las leyes y principios fundamentales propuesta por Leonard et al. (1996), las recomendaciones realizadas habitualmente por los expertos para la búsqueda de caminos de resolución (Reif, 1995) e, incluso, la idea de descomponer los problemas en subproblemas (Mettes et al., 1980) pueden cobrar sentido como herramientas que complementan las valoraciones cualitativas de cara a perfilar la vía de resolución.

El carácter de tentativa del que este modelo impregna a la elaboración de las estrategias de resolución, lleva a recomendar la búsqueda de más de un camino de resolución, lo que obliga a indagar en la condiciones de aplicabilidad de las leyes y principios fundamentales por lo que facilita una mejor comprensión de los conceptos (Varela y Martínez, 1997).

El análisis de resultados cobra todo su valor cuando se realiza con relación a las hipótesis emitidas y al corpus de conocimientos (Gil, 1997).

#### **5. CONCLUSIONES**

En nuestra opinión, el modelo de resolución de problemas como investigación orientada aporta, desde una nueva perspectiva, una coherencia que antes no tenían a las diferentes aportaciones dispersas.

Una de las principales limitaciones que han tenido las investigaciones sobre esta temática y los modelos que de ellas se derivan es, precisamente, el tratamiento aislado al que ha sido sometida la resolución de problemas, obviando aspectos fundamentales del aprendizaje. En este sentido el modelo propuesto supera estas deficiencias al ser capaz de integrar la resolución de problemas en un modelo global de enseñanza-aprendizaje como investigación orientada.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- FÁVERO, M.H., y SOARES GOMES DE SOUSA, C. M. (2001). A resolução de problemas em física: revisão de pesquisa, análise e proposta metodológica. *Investigações em Ensino de Ciências*. 6 (2).
- HSU, L., BREWE, E., FOSTER, T.M. y HARPER, K.A. (2004). Resource Letter RPS-1: Research in problem solving. *American Journal of Physics* 72 (9), 1147-1156.
- MALONEY, D. (1994). *Research on Problem Solving: Physics. Handbook of Research in Science Teaching and Learning*. Gabel, Dorothy (Ed.). Mac Millan Publishing Company.
- RAMÍREZ, J.L, GIL, D., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J.M.; 1994. *La resolución de problemas de física y de química como investigación*, Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia: CIDE.
- REIF, F. (1995). Millican Lecture 1994: Understanding and teaching important scientific thought processes. *American Journal of Physics*, 63 (1), 17-32.